

Danny Günther, Jeannette Wapler, Sebastian Helmling, Marek Miara et. al.
Online-Infoveranstaltung Saarland „Wärmepumpe - Stand der Technik
Anwendungsmöglichkeiten, Rahmenbedingungen“

ARGE SOLAR e.V.
Online, 04.11.2024

Wärmepumpeneffizienz im Altbau – Ergebnisse aus Feldstudien

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Forschen für die Energiewende seit 1981

Das Institut in Zahlen

Institutsleiter

Prof. Dr. Hans-Martin Henning

Prof. Dr. Andreas Bett

Mitarbeitende rund 1500

Budget 2023

Betrieb 122,9 Mio. EUR

Invest 20,1 Mio. EUR

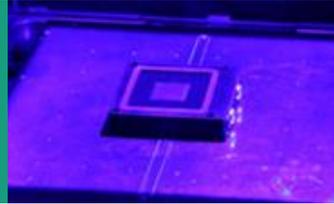
Gesamt 143,0 Mio. EUR



Außendarstellung des Fraunhofer ISE

Unsere Geschäftsfelder

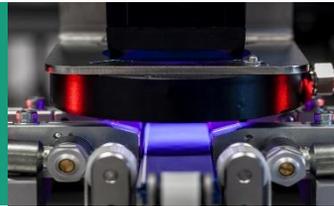
Photovoltaik – Materialien,
Zellen, Module



Leistungselektronik und
Stromnetze



Photovoltaik – Produktions-
technologie und Transfer



Elektrische Energiespeicher



Solkraftwerke und
Integrierte Photovoltaik



Wasserstofftechnologien



Klimaneutrale Wärme und
Gebäude



Systemintegration



Monitoring Projekt "WP-QS im Bestand"

AGENDA



- Aktuelle Ergebnisse aus WP-QS im Bestand
 - Projektbeschreibung und Charakterisierung der Datenbasis
 - Überblick zu Jahresarbeitszahlen und Bewertung der ökologischen Einspareffekte
 - Detailanalyse mit Fokus auf Luft-Wärmepumpen
- Diverse Aspekte rund um die Wärmepumpeneffizienz
- Anlagenbeispiele
- Fazit

W P Q S im Bestand

Projektdauer: 12/2019 bis 12/2024

Projektschwerpunkte:

- Analyse der **Effizienz** und des **Betriebsverhaltens** von Wärmepumpen im EFH-Bestand
- Untersuchung der Dimensionierungs- und Regelungsansätze **bivalenter Systeme** als Versorgungslösung im Bestandsgebäudebereich
- Untersuchung der Dimensionierungs- und Regelungsansätze von **Photovoltaik/Wärmepumpen-Kombinationen** bzgl. Eigenverbrauch und Netzeinfluss
- Analyse und Optimierung des **Sanierungsprozesses mit Wärmepumpe**
- Ermittlung und Bewertung der **realen Schallbelastung** durch Außenluft-Wärmepumpen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



W P Q S im Bestand

Projektdauer: 12/2019 bis 12/2024

Fokus des Vortrages:

➤ Analyse der **Effizienz** und des **Betriebsverhaltens** von Wärmepumpen im EFH-Bestand



- Messzeitraum **04/2023 bis 03/2024**
- **32** Luft/Wasser-Wärmepumpen
- **11** Sole/Wasser-Wärmepumpen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



FKZ: 03EN2029A

LEW

Lechwerke



NIBE

BOSCH

Vaillant

STIEBEL ELTRON

Technik zum Wohlfühlen

VIESMANN

climate of innovation

DAIKIN

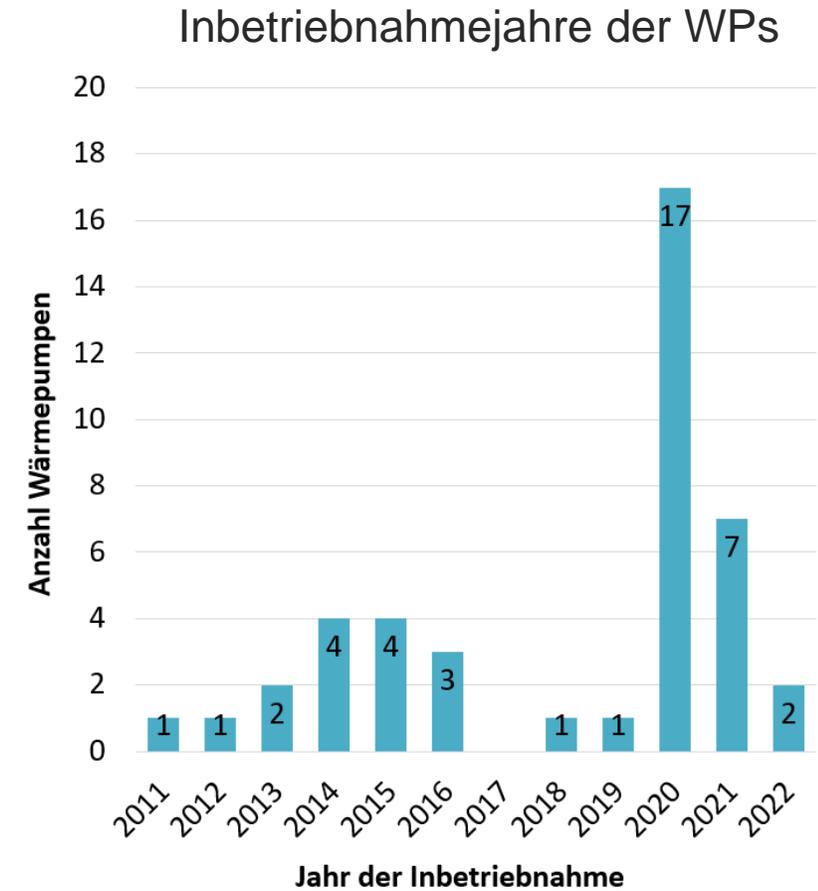
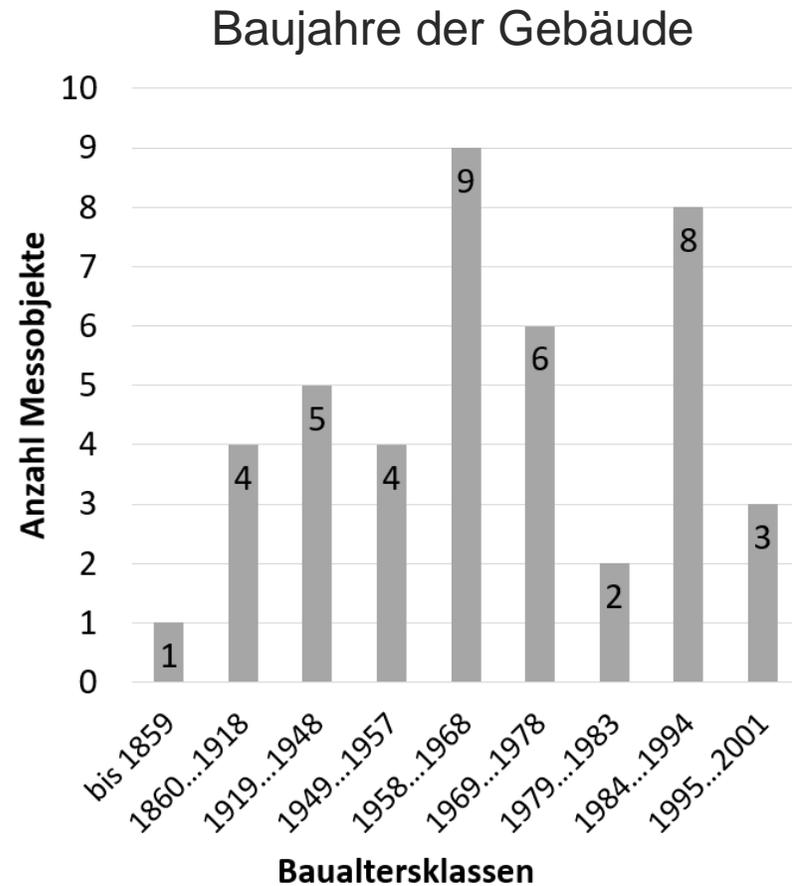
-weishaupt-

Panasonic
ideas for life



Charakterisierung der Datenbasis

Wärmepumpen



Monitoring Projekt "WP-QS im Bestand"

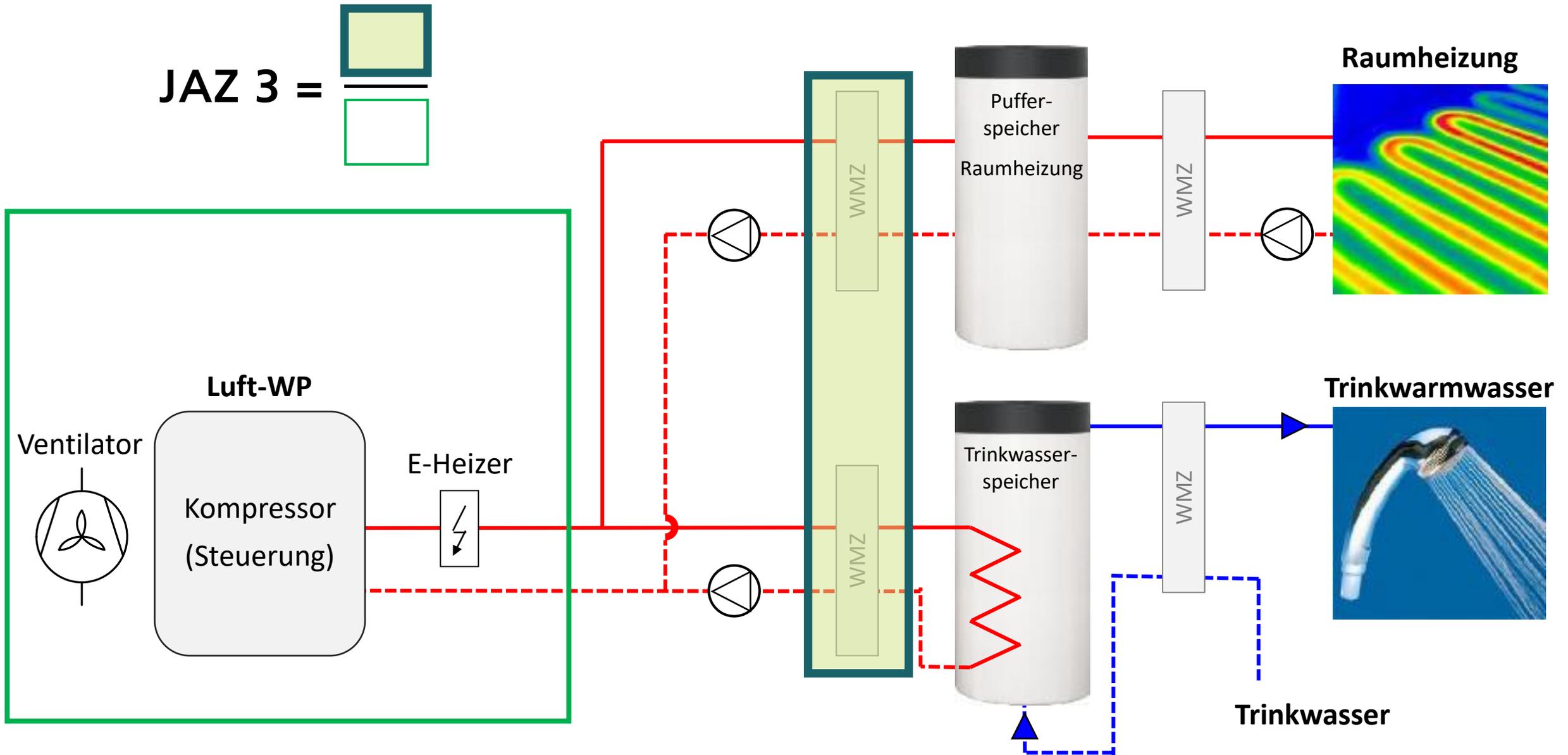
AGENDA



- Aktuelle Ergebnisse aus WP-QS im Bestand
 - Projektbeschreibung und Charakterisierung der Datenbasis
 - Überblick zu Jahresarbeitszahlen und Bewertung der ökologischen Einspareffekte
 - Detailanalyse mit Fokus auf Luft-Wärmepumpen
- Diverse Aspekte rund um die Wärmepumpeneffizienz
- Anlagenbeispiele
- Fazit

Bilanzgrenze 3 zur Ermittlung der Jahresarbeitszahl

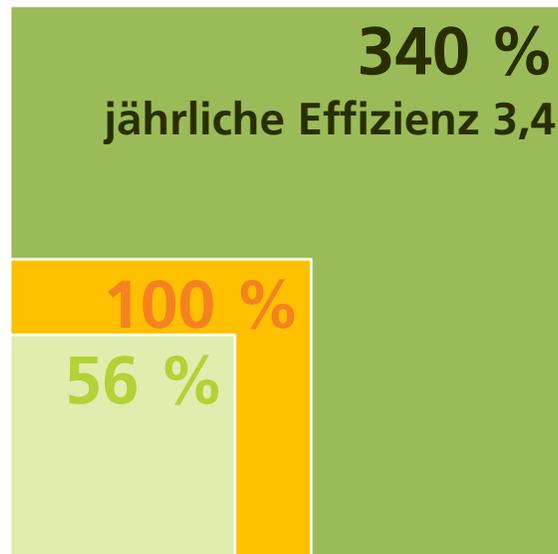
$$\text{JAZ 3} = \frac{\boxed{}}{\boxed{}}$$



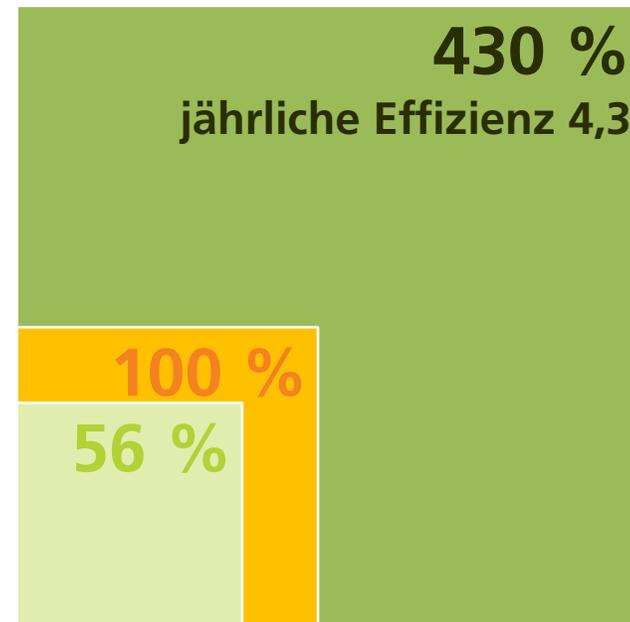
Charakterisierung der Datenbasis

Wärmepumpen

32 Luft/Wasser- Wärmepumpen



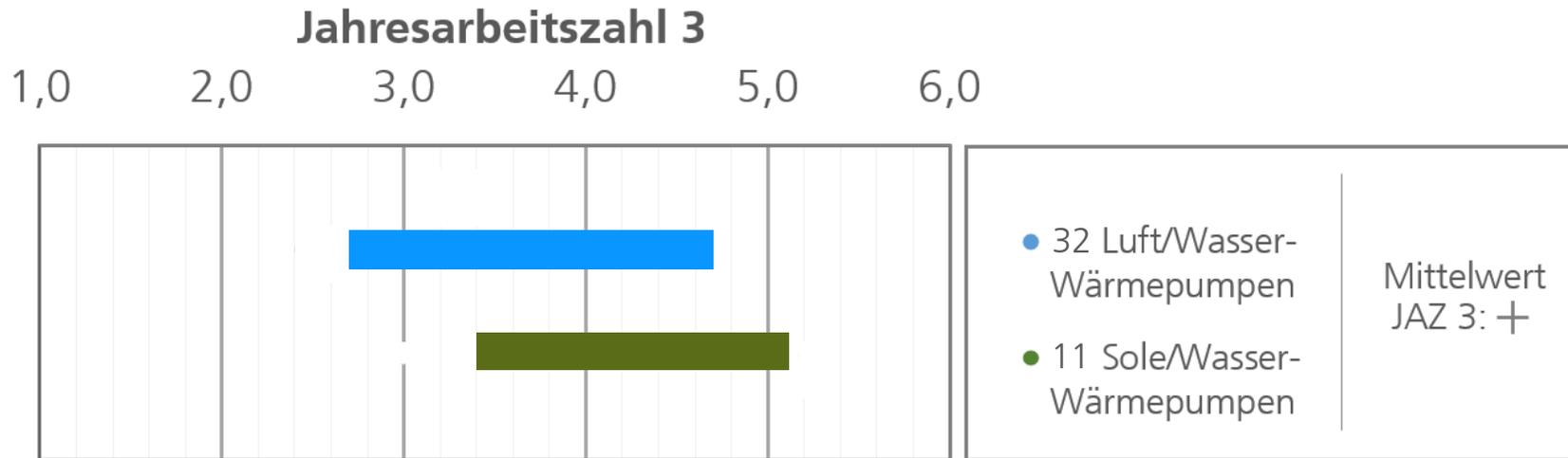
11 Sole/Wasser- Wärmepumpen



- Wärme
- Strom (Wärmepumpe)
- Strom aus EE (Wärmepumpe)*

Übersicht Jahresarbeitszahlen

...



Luft/Wasser-WP

alle Wärmepumpen:

$\emptyset = 3,4$ (2,7 ... 4,7)

80% Mittelwert:

$\emptyset = 3,4$ (2,9 ... 4,0)

Sole/Wasser-WP

alle Wärmepumpen:

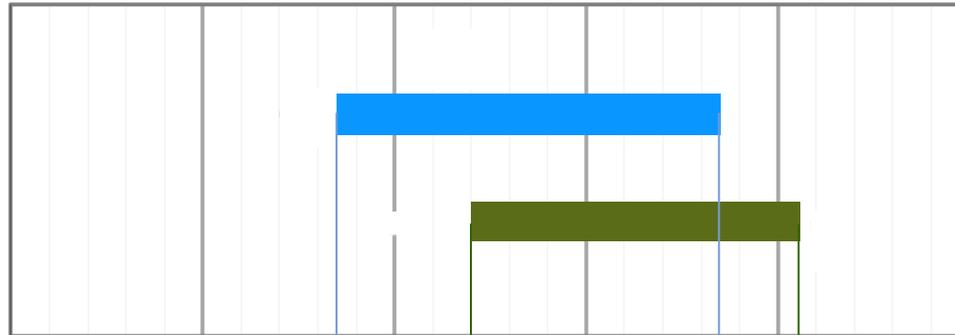
3,4 ... 5,1

Übersicht der JAZ-Werte und THG-Einsparungen

...

Jahresarbeitszahl 3

1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0



- 32 Luft/Wasser-Wärmepumpen
- 11 Sole/Wasser-Wärmepumpen

Mittelwert
JAZ 3: +

2022

-27% -42% -58% -61%

2030

konservativ	-62%	-70%	-78%	-80%
optimistisch	-79%	-83%	-88%	-89%

Referenzen:

- 86,6% Wirkungsgrad Gasheizkessel [Wolff 2004]
- Emissionsfaktoren in gCO_{2-eq}/kWh_{EE} [GEMIS 2023, UBA 2023] mit Vorketten und Verteilung
 - Elektrizität 2022: 511
 - Elektrizität 2030 konservativ: 268
 - Elektrizität 2030 optimistisch: 130
 - Erdgas 2022: 225
 - Erdgas 2030 konservativ : 228
 - Erdgas 2030 optimistisch: 200

Monitoring Projekt "WP-QS im Bestand"

AGENDA

- Aktuelle Ergebnisse aus WP-QS im Bestand
 - Projektbeschreibung und Charakterisierung der Datenbasis
 - Überblick zu Jahresarbeitszahlen und Bewertung der ökologischen Einspareffekte
 - Detailanalyse mit Fokus auf Luft-Wärmepumpen
- Diverse Aspekte rund um die Wärmepumpeneffizienz
- Anlagenbeispiele
- Fazit

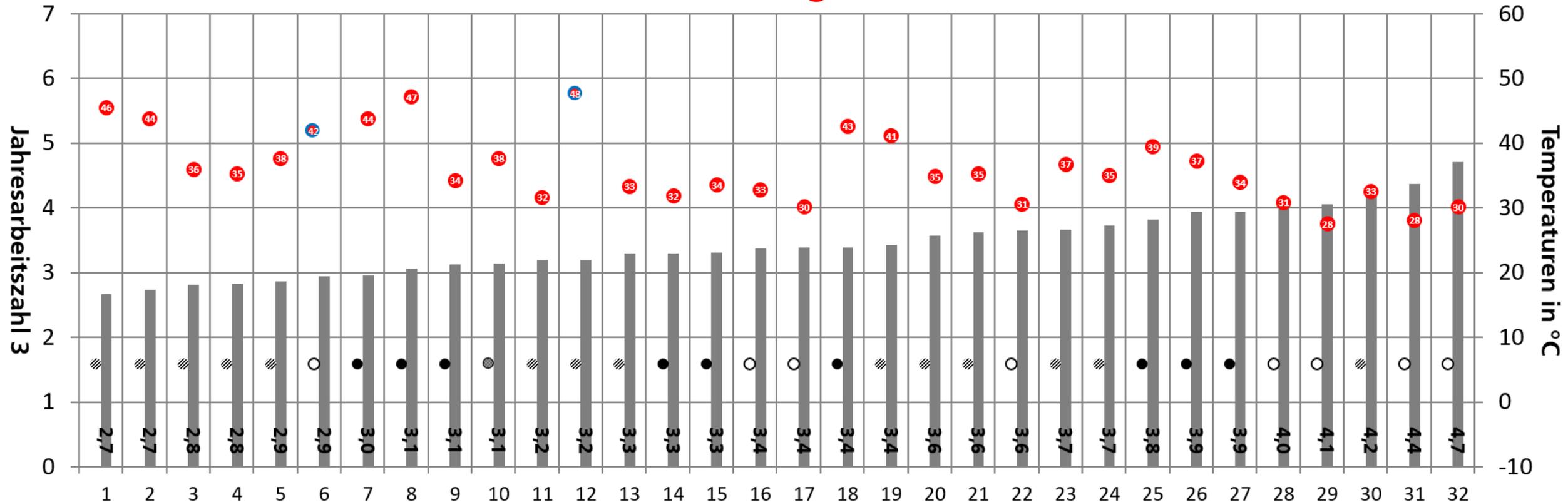
WPQS
im Bestand

Ausgewählte Messergebnisse für 32 Luft/Wasser-WP

Fokus: Wärmeübergabesysteme und **mittlere** Temperaturen der WP zur Raumheizung

■ Jahresarbeitszahl 3 ● Ölkessel ○ Flächenheizung ● Heizkörper (Rad, Konv.) ▨ Mischheizsystem ● T_RH_Mittel ● T_Ges

Mittelwert T_Raumheizung*: 35,6 [27,5...47,1] °C



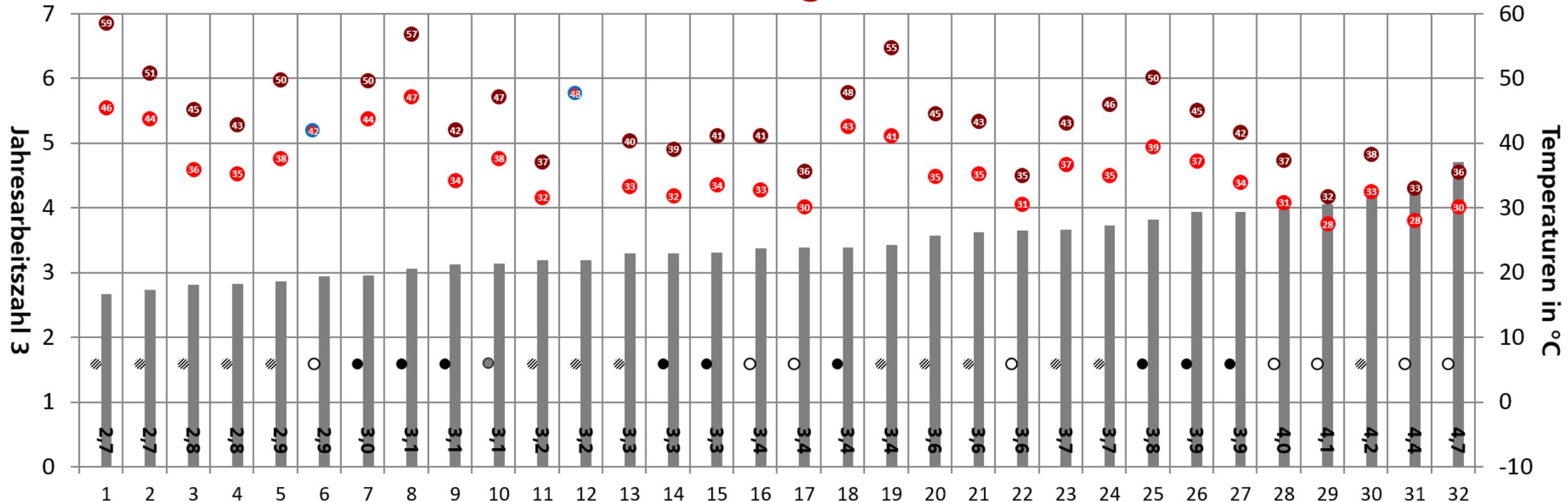
*Energetisch gewichteter Mittelwert aus Vor- und Rücklauftemperatur

Ausgewählte Messergebnisse für 32 Luft/Wasser-WP

Fokus: Wärmeübergabesysteme und **maximale** Temperaturen der WP zur Raumheizung

■ Jahresarbeitszahl 3 ● Ölkessel ○ Flächenheizung ● Heizkörper (Rad, Konv.) ▨ Mischheizsystem ● T_RH_Mittel ● T_RH_Mittel_max ● T_Ges

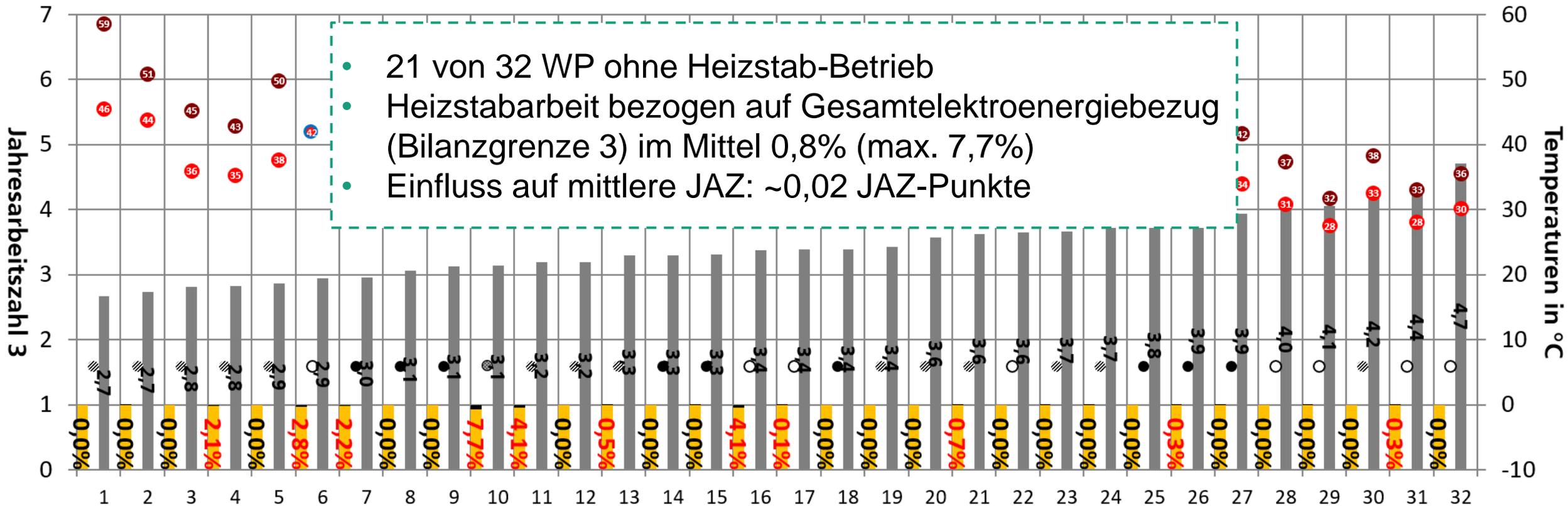
Mittelwert T_Raumheizung_max*: 43,5 [31,7...58,6] °C



*Energetisch gewichteter Mittelwert aus Vor- und Rücklaufemperatur

Ausgewählte Messergebnisse für 32 Luft/Wasser-WP

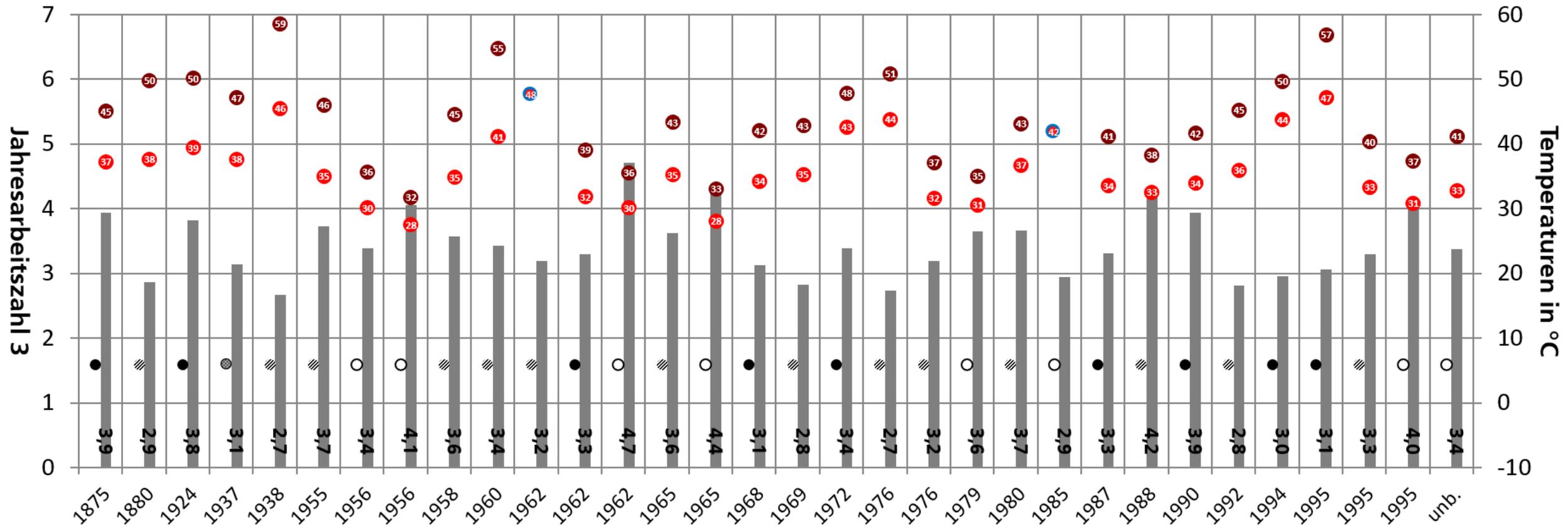
Fokus: Heizstabeinsatz



Ausgewählte Messergebnisse für 32 Luft/Wasser-WP

Fokus: Baujahre der Gebäude

■ Jahresarbeitszahl 3 ● Ölkessel ○ Flächenheizung ● Heizkörper (Rad, Konv.) ▨ Mischheizsystem ● T_RH_Mittel ● T_RH_Mittel_max ● T_Ges



Monitoring Projekt "WP-QS im Bestand"

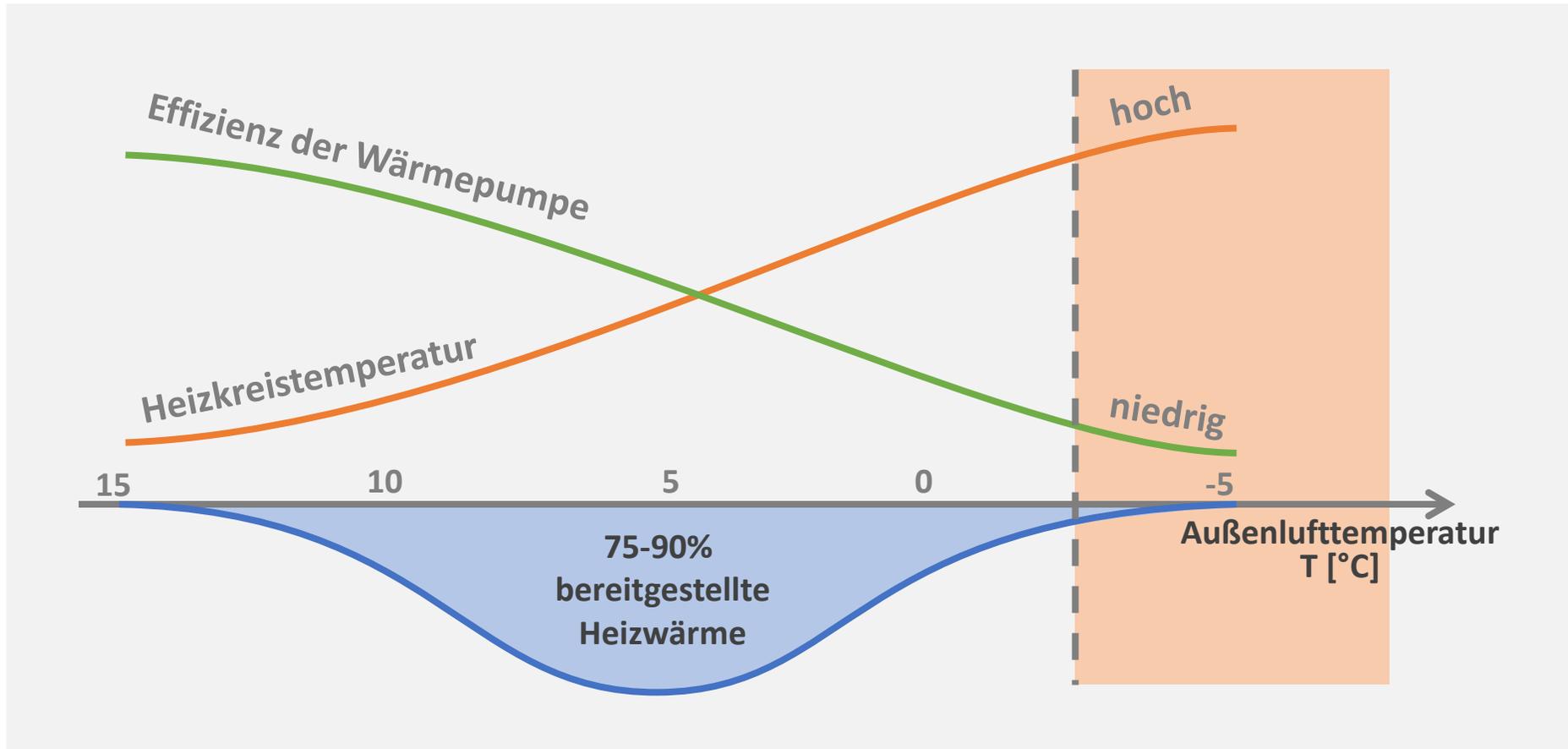
AGENDA



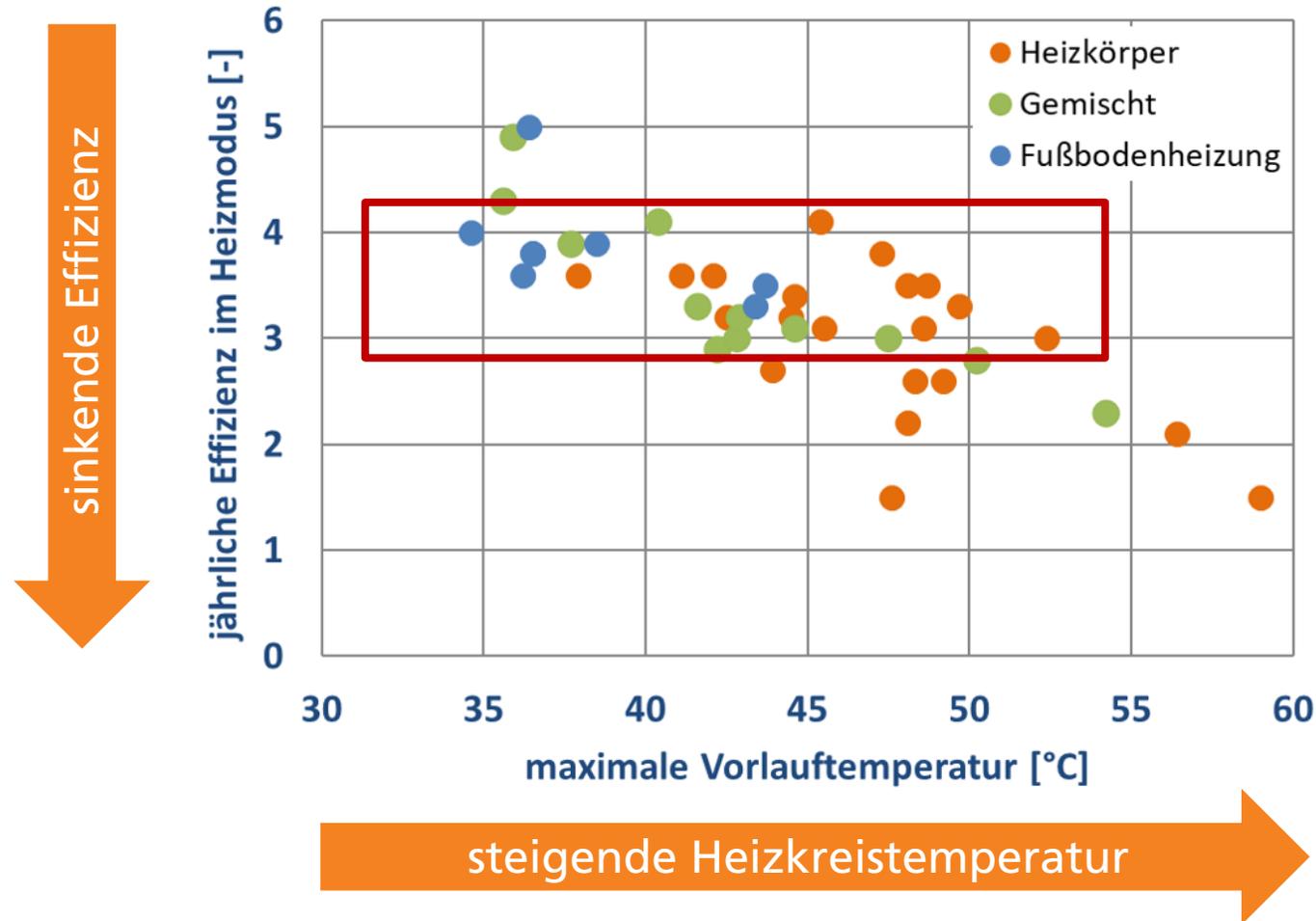
- Aktuelle Ergebnisse aus WP-QS im Bestand
 - Projektbeschreibung und Charakterisierung der Datenbasis
 - Überblick zu Jahresarbeitszahlen und Bewertung der ökologischen Einspareffekte
 - Detailanalyse mit Fokus auf Luft-Wärmepumpen
- Diverse Aspekte rund um die Wärmepumpeneffizienz
- Anlagenbeispiele
- Fazit

Verteilung der Heizenergie auf die einzelne Temperaturgrade

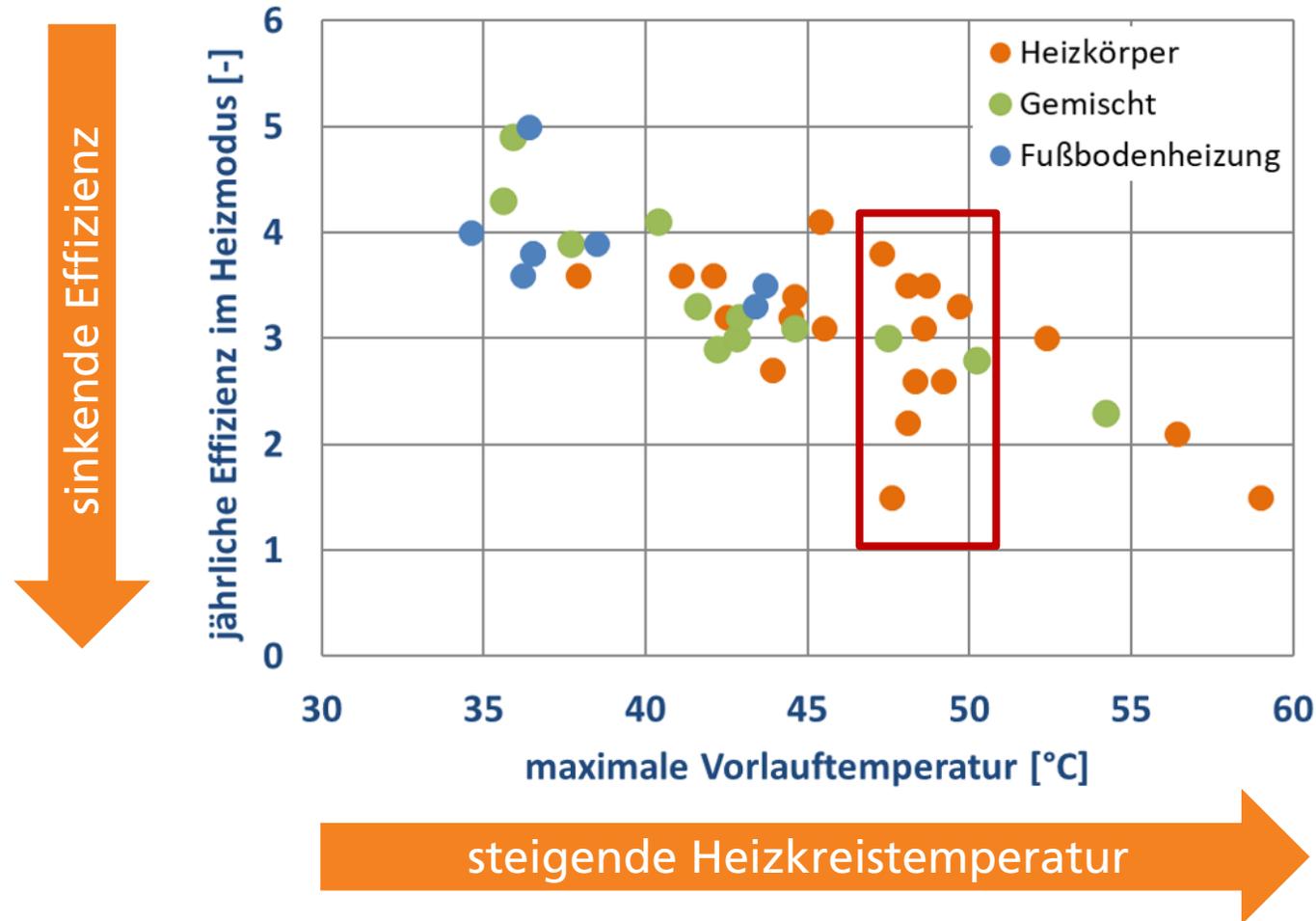
Wann wird die Heizenergie bereitgestellt?



Effizienz und Wärmeübergabesystem (Luft/Wasser-WP)



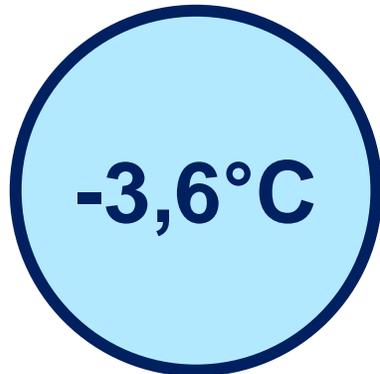
Effizienz und Wärmeübergabesystem (Luft/Wasser-WP)



Effizienz der Luft-WP wenn es wirklich kalt ist

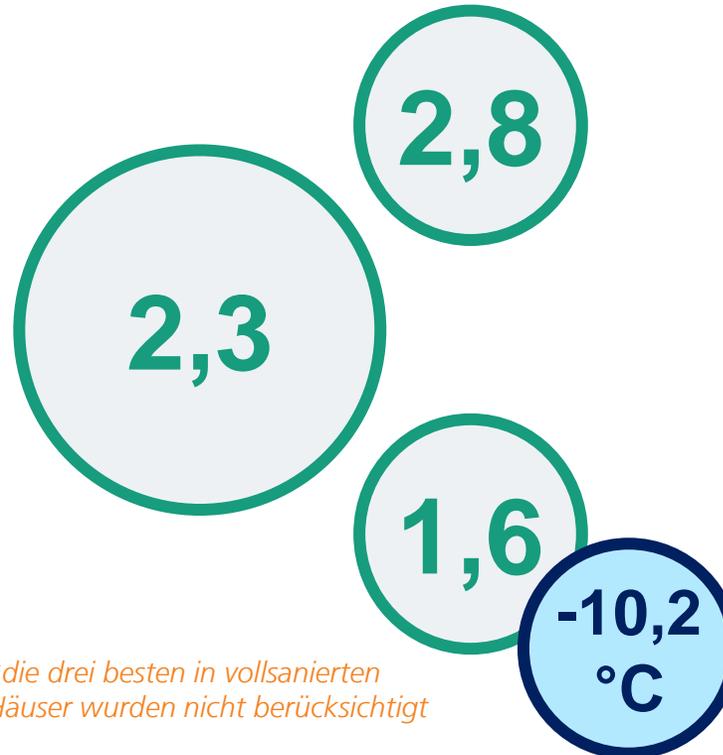
Die ersten zwei Wochen im Februar 2021

mittlere
Außentemperatur
während Betrieb der WP*



**in den letzten 50 Jahren gab
in Deutschland nur 5 Monate
mit mittleren Temperaturen unter -3,5°C*

mittlere Effizienz von
17 Luft/Wasser-
Wärmepumpen*



**die drei besten in vollsanierten
Häuser wurden nicht berücksichtigt*

Anzahl der Anlagen mit
dem Einsatz des Heizstabes:



Monitoring Projekt "WP-QS im Bestand"

AGENDA

- Aktuelle Ergebnisse aus WP-QS im Bestand
 - Projektbeschreibung und Charakterisierung der Datenbasis
 - Überblick zu Jahresarbeitszahlen und Bewertung der ökologischen Einspareffekte
 - Detailanalyse mit Fokus auf Luft-Wärmepumpen
- Diverse Aspekte rund um die Wärmepumpeneffizienz
- Anlagenbeispiele
- Fazit

WPQS
im Bestand



Gute Effizienz trotz sehr hohem Heizenergieverbrauch

Nicht saniertes Haus mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe und Heizkörper



Baujahr des Hauses

1937 (84 Jahre alt)

Heizenergieverbrauch

etwa 210 kWh/(m²a)

Energetischer Zustand

sehr schlecht, kaum saniert
Fenster und Heizkörper ausgetauscht

Heizsystem

Außenluftwärmepumpe mit Heizkörpern

Effizienz der Wärmepumpe

3,0

Sehr gute Effizienz, alte Heizkörper

Durchschnittlich saniertes Haus mit einer Erdreichwärmepumpe



Baujahr des Hauses

1950 (72 Jahre alt)

Heizenergieverbrauch

etwa 110 kWh/(m²a)

Energetischer Zustand

durchschnittlich, Fassade wurde saniert

Heizsystem

Erdreichwärmepumpe mit Heizkörpern

Effizienz der Wärmepumpe

4,5

Durchschnittliche Effizienz, gemischte Wärmeübergabe

Durchschnittlich saniertes Haus mit einer Erdreichwärmepumpe



Baujahr des Hauses	1930 (92 Jahre alt)
Heizenergieverbrauch	etwa 80 kWh/(m ² a)
Energetischer Zustand	durchschnittlich, Fassade und Dach wurde gedämmt
Heizsystem	Erdreichwärmepumpe mit Heizkörpern und Fußbodenheizung (44%/56%)
Effizienz der Wärmepumpe	3,5

Gute Effizienz mit Heizkörper

Leicht saniertes Haus mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe



Baujahr des Hauses

1950 (72 Jahre alt)

Heizenergieverbrauch

etwa 155 kWh/(m²a)

Energetischer Zustand

eher schlecht , Fenster 2011 ausgetauscht
Dachdeckung und Dämmung erneuert

Heizsystem

Außenluftwärmepumpe mit
Plattenheizkörper

Effizienz der Wärmepumpe

3,5

Dokumentation von Praxisbeispielen

Steckbriefe mit umfassenden Infos zu Gebäude und Heizsystem

Basisinfos

Baujahr: 1850
 Beschreibung: Freistehendes Einfamilienhaus mit zwei Vollgeschossen sowie beheiztem Dachgeschoss
 beheizte Fläche: 205 m²
 Energetischer Gebäudezustand:
 Originalzustand Istzustand

Dach	Dach
Gebäude	Gebäude
Wand	Wand
Fenster	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems

Einbaujahr WP	2009
Wärmequelle WP	Erdreich (Erdwärmesonde)
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe: RH, TWE Solarthermie: TWE
Wärmeübergabesystem	Plattenheizkörper

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019

Spez. Heizwärmeverbrauch	108 kWh/(m ² a)	JAZ 3 (WP+HS)	4,0
T_WP_Heizkreis: mittel	40,6 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	- / -
T_WP_TWS: mittel	48,0 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	5 %
Deckungsbeitrag Solar: RH / TW	- / 69 %		

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

Außenwand	2002: 100 mm Dämmung (Zellulose) (innen, OG); 60 mm Dämmung (SW) (außen, Giebelseite)
Fenster	1990: 2-fach-Isolierverglasung (teils mit Holz-, teils mit Kunststoffrahmen)
Dach	2002: 240 mm Dämmung (Zellulose)
Wärmeübergabesystem	1965: Einbau Heizkörper 2008: Austausch einiger Heizkörper
Wärmeerzeuger	1965: Umrüstung von Einzelöfen auf Ölkessel 1988: Austausch Ölkessel 2009: Austausch Ölkessel durch Wärmepumpe

Basisinfos

Baujahr: 1976
 Beschreibung: Doppelhaushälfte mit einem Vollgeschoss, beheiztem Dachgeschoss sowie teilweise beheiztem Keller
 beheizte Fläche: 127 m²
 Energetischer Gebäudezustand:
 Originalzustand Istzustand

Dach	Dach
Gebäude	Gebäude
Wand	Wand
Fenster	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems

Einbaujahr WP	2016
Wärmequelle WP	Außenluft
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe: RH, TWE Heizstab: RH (im Vorlauf), TWE (im Speicher) Kaminofen: RH
Wärmeübergabesystem	Mischsystem: 14 % Plattenheizkörper (KG), 86 % FBH (EG, DG)

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019

Spez. Heizwärmeverbrauch*	120 kWh/(m ² a)	JAZ 3 (WP & HS)	3,5
T_WP_Heizkreis: mittel	33,1 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	1 % / 2 %
T_WP_TWS-Beladung: mittel	45,9 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	19 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

Außenwand	Originalzustand, außer Vorbau im EG; 2019: 200 mm Dämmung (außen)
Fenster	Originalzustand
Dach	2017: 120 mm Dämmung (GW)
Wärmeübergabesystem	2017: Austausch Plattenheizkörper, Einbau FBH
Wärmeerzeuger	2016: Austausch Gaskessel durch Wärmepumpe

Basisinfos

Baujahr: 1937
 Beschreibung: Freistehendes Einfamilienhaus mit zwei Vollgeschossen
 beheizte Fläche: 160m²
 Energetischer Gebäudezustand:
 Originalzustand Istzustand

Dach	Dach
Gebäude	Gebäude
Wand	Wand
Fenster	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems

Einbaujahr WP	2015 (Heizungswärmepumpe), 2013 (Brauchwasser-Wärmepumpe)
Wärmequelle WP	Außenluft; Raumluft
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe (Außenluft): RH; Wärmepumpe (Raumluft): TWE Heizstab: TWE Ölkessel: RH, TWE
Wärmeübergabesystem	Mischsystem: 94 % Platten- und Gliederheizkörper, 6 % FBH

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019

Spez. Heizwärmeverbrauch	140 kWh/(m ² a)	JAZ 3_HK (WP & HS)	3,6
T_WP_Heizkreis: mittel	36,8 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	- / 0 %
T_WP_TWS-Beladung: mittel	-	Wärmeanteil der WPA für TWE	-
		Kesselnutzungsgrad	-
		Deckungsbeitrag Kessel: RH / TWE	52 % / 0 %
		Wärmeanteil des Kessels für TWE	0 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen

Außenwand	2013: 45 mm Dämmung (PS) (innen)
Fenster	1998: 2-fach-Isolierverglasung
Dach	2016: 120 mm Dämmung (PS)
Wärmeübergabesystem	2013: Austausch von ca. 75% der Gliederheizkörper durch Plattenheizkörper; Einbau FBH (Einbaujahr unbekannt)
Wärmeerzeuger	2013: Austausch Niedertemperatur-Kessel durch Ölbrennwertkessel und Brauchwasser-Wärmepumpe 2014: Einbau Heizungswärmepumpe; Ölkessel bleibt bestehen 2015: Austausch Heizungswärmepumpe; Ölkessel bleibt bestehen

Zwischenfazit

- Für einen ökologisch sinnvollen Betrieb von Wärmepumpen ist eine energetische Sanierung auf Neubaustandard nicht erforderlich
 - Keine Korrelation zwischen den Effizienzwerten und dem Baujahr in der Stichprobe ersichtlich
 - Heizkreistemperatur und damit Heizlast sowie Art und Dimensionierung der Wärmeübergabesysteme mit größtem Effizienzeinfluss
 - Heizkreistemperatur im Auslegungspunkt ist nicht entscheidend für die Jahresarbeitszahl (Heizkurve!)
- Die Stichprobe wird nun sukzessive auf 76 Monitoringobjekte erweitert und tiefer analysiert

Kontakt

Danny Günther et.al.
Geschäftsbereich Energieeffiziente Gebäude
Gruppe Gebäudesystemtechnik
Tel. +49 49 761 4588-5371
danny.guenther@ise.fraunhofer.de
www.ise.fraunhofer.de

Dieses Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. FKZ: 03EN2029A

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages